



## 第七章 脉冲波形的产生与整形

东南大学电气工程学院  
明昊

### 教学内容

- §7.1 概述
- §7.2 施密特触发电路
- §7.3 单稳态电路
- §7.4 多谐振荡电路
- §7.5 555定时器及其应用

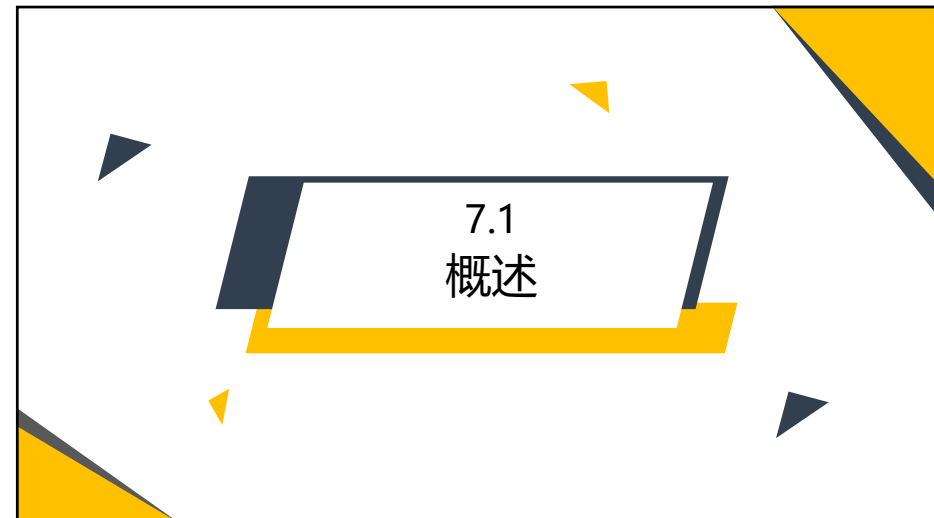
### 教学要求

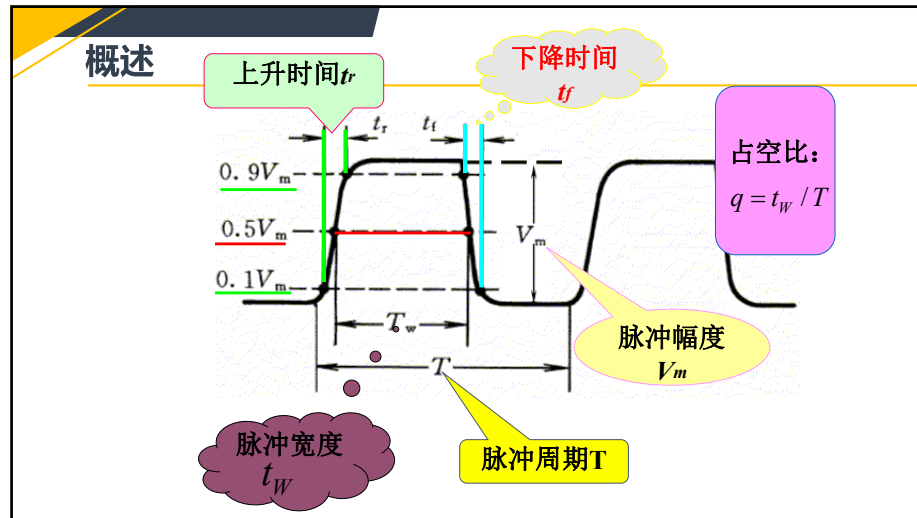
#### 重点掌握的内容:

- (1) 555定时器及其应用
- (2) 石英晶体多谐振荡电路

#### 一般掌握的内容:

- (1) 施密特触发电路、单稳态电路、多谐振荡电路的工作特点和典型应用
- (2) 施密特触发电路、单稳态电路输入电压与输出电压之间的关系; 多谐振荡电路振荡周期的估算方法。





## 7.2 施密特触发电路

**概述**

矩形脉冲信号的获取方法有两种:

- 产生: 不用信号源, 加上电源自激振荡, 直接产生波形。
- 整形: 输入信号源进行整形。

矩形脉冲波形的整形电路——施密特触发器、单稳态触发器。

- 用门电路可以构成施密特触发器、单稳态触发器和多谐振荡器。
- 用555定时器也可以构成施密特触发器、单稳态触发器和多谐振荡器。

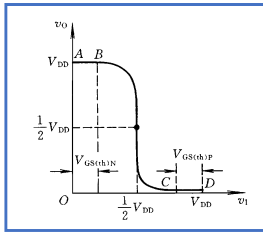
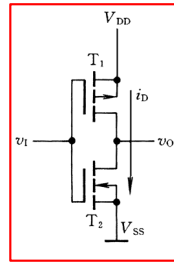
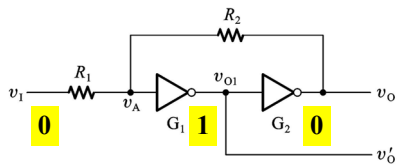
### 01 门电路组成的施密特触发电路

8

## 门电路组成的施密特触发电路

### § 7.2.1 用门电路组成的施密特触发电路

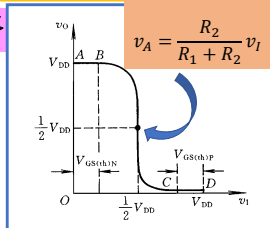
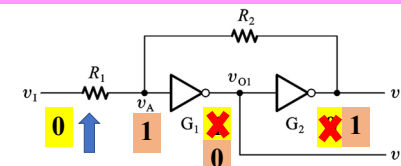
设 $G_1$ 、 $G_2$ 阈值电压 $V_{TH} \approx V_{DD}/2$ ,



CMOS反相器的性质

## 门电路组成的施密特触发电路

### § 7.2.1 用门电路组成的施密特触发电路



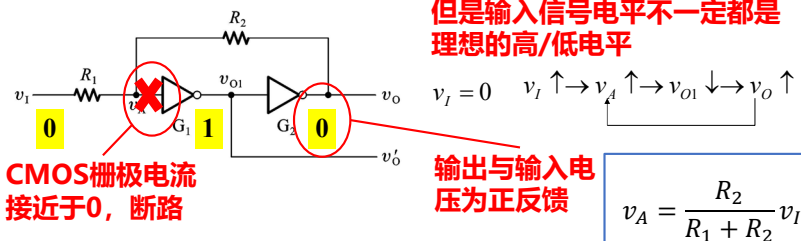
➤ 计算一下输入电压 $v_I$ 翻转的临界条件:

$$v_A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_I = V_{TH} = \frac{1}{2} V_{DD}$$

$$v_T^+ = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH} > \frac{1}{2} V_{DD}$$

## 门电路组成的施密特触发电路

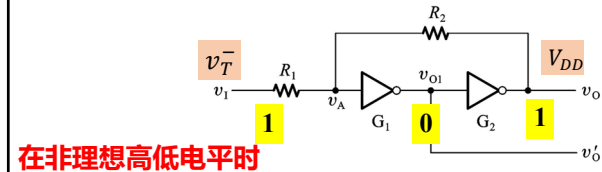
### § 7.2.1 用门电路组成的施密特触发电路



➤ 然而, 实际上输入与输出的低电平不一定电压相等

➤ 因此,  $v_A$ 不一定为理想低电平, 假设 $v_O \approx 0$ 则根据分压

## 门电路组成的施密特触发电路



$$V_{T-} = \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH}$$

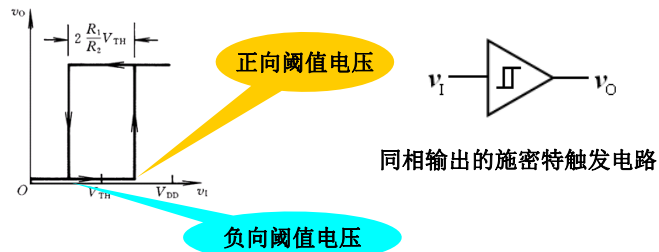
$$v_A = V_{DD} - (V_{DD} - v_T^-) \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_I = V_{TH} = \frac{1}{2} V_{DD}$$

$$v_T^- = \left(1 - \frac{R_1}{R_2}\right) V_{TH} < \frac{1}{2} V_{DD}$$

$R_1 < R_2$  (否则电路进入自锁状态, 不能正常工作)

## 滞回电压传输特性

**滞回电压传输特性**，即输入电压的上升过程和下降过程的阈值电平不同。这是施密特触发电路固有的特性。

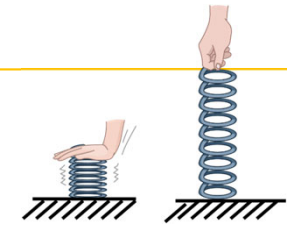


## 滞回该如何理解？

滞 滞

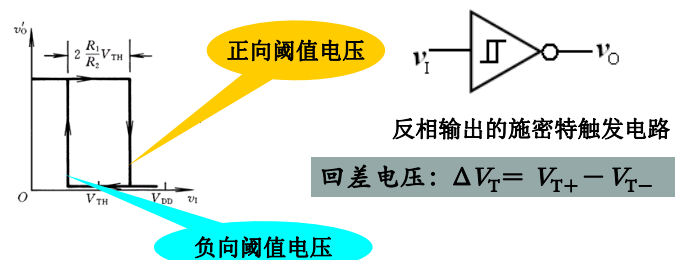
拼音: zhì (组、笔) 简体部首: 辶 部外笔画: 9, 总笔画: 12 繁体部首: 水 部外笔画: 9, 总笔画: 12

- 滞 (滞)
- zhì 出'
- 凝积，不流通，不灵活：称）。
- 迟滞：“此有～穗”。

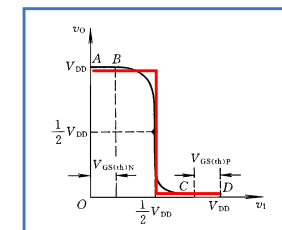
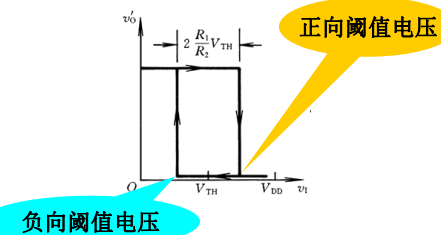


## 门电路组成的施密特触发电路

**滞回电压传输特性**，即输入电压的上升过程和下降过程的阈值电平不同。这是施密特触发电路固有的特性。



## 反相施密特触发电路 vs. 反相器



➤ 输入电压的上升过程和下降过程的阈值电平不同。

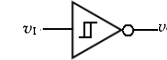
## 02 施密特触发电路的应用

17

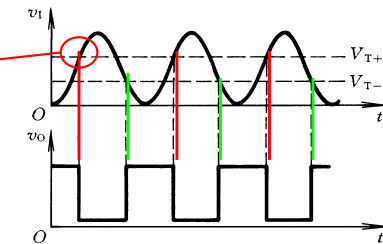
### 施密特触发电路的应用

#### § 7.2.3 施密特触发电路的应用

1.用于波形变换:



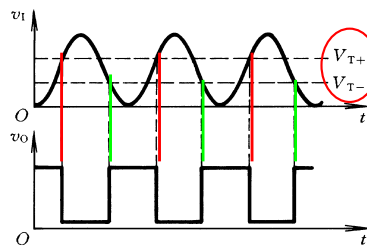
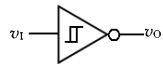
- $v_I$  上升时, 超过  $v_{T+}$  才算作高电平输入
- 此时根据反相器逻辑  $v_O$  为低电平



### 施密特触发电路的应用

#### § 7.2.3 施密特触发电路的应用

1.用于波形变换:

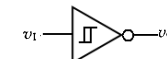


注意不同阈值所代表的含义  
(输入端口)

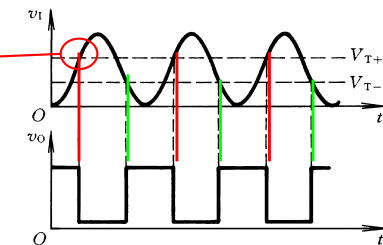
### 施密特触发电路的应用

#### § 7.2.3 施密特触发电路的应用

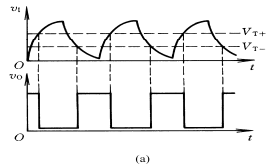
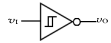
1.用于波形变换:



- $v_I$  下降时, 低于  $v_{T-}$  才算作低电平输入
- 此时根据反相器逻辑  $v_O$  为高电平



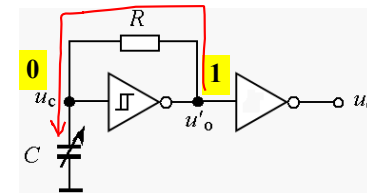
为什么普通的反相器无法实现?



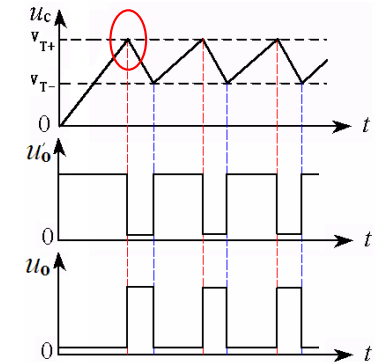
2.用于脉冲整形:

## 施密特触发电路的应用

4.用于构成多谐振荡器:



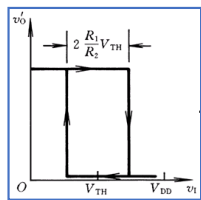
➤ 输入为低电平, 电容充电, 输入端电压  $u_c$  升高



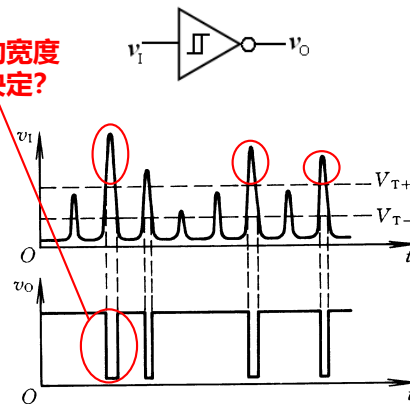
## 施密特触发电路的应用

3.用于脉冲鉴幅:

脉冲的宽度  
如何决定?

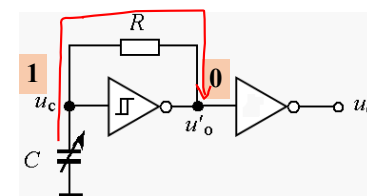


施密特触发器能将幅度大于  $V_{T+}$  的脉冲选出。

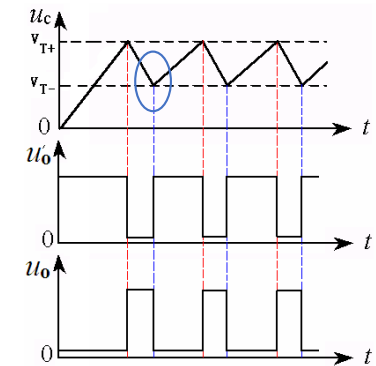


## 施密特触发电路的应用

4.用于构成多谐振荡器:



➤ 当  $u_c > v_{T+}$  时, 输入相当于高电平, 此时电容放电,  $u_c$  下降直至  $v_{T-}$  重新充电



## 本节小结

施密特触发电路具有**两个稳定的状态**，是一种能够把输入波形整形成为适合于数字电路需要的矩形脉冲的电路。而且由于具有**滞回特性**，所以抗干扰能力也很强。

施密特触发电路可以由分立元件构成，也可以由门电路及555定时器构成。

施密特触发电路在脉冲的产生和整形电路中应用很广。

01

## 门电路组成的单稳态电路

27

## 7.3 单稳态电路

### 单稳态电路

#### 工作特点：

- 1、电路中有**一个稳态**和**一个暂稳态**两个工作状态；
- 2、在外界触发脉冲作用下，电路能从稳态翻转至暂稳态，在暂稳态维持一段时间后，再自动翻转至稳态；
- 3、暂稳态维持时间的长短取决于电路本身的参数与触发脉冲无关。



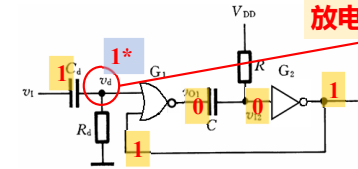
## 门电路组成的单稳态电路

### § 7.3.1 用门电路组成的单稳态电路

单稳态电路因为电路具有一个稳定状态而得名。它由两个门电路、一个RC电路组成。它的暂稳态通常都是靠RC电路的充、放电过程来维持的，根据RC电路的不同接法，分为微分型和积分型。

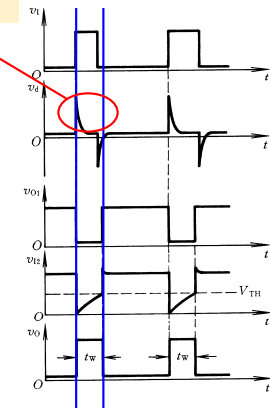
## 微分型单稳态电路

由于RC电路存在， $v_d$ 有放电过程



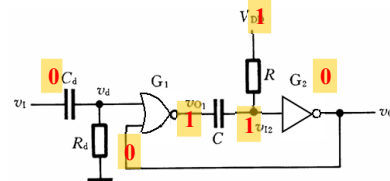
### (2) 稳态至暂稳态

当 $v_i$ 正跳变时， $v_{O1}$ 由高到低， $v_{i2}$ 为低电平。于是 $v_O$ 为高电平。即使 $v_i$ 触发器信号撤除，由于 $v_O$ 的作用， $v_{O1}$ 仍可为低电平。



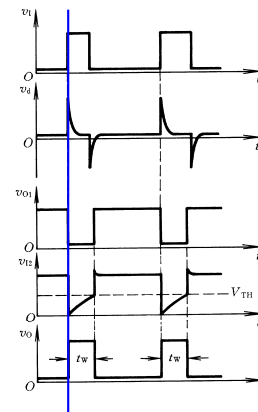
## 微分型单稳态电路

### 微分型



### (1) 稳态:

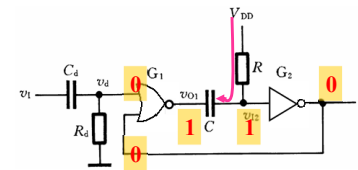
没有触发器电平时， $v_i$ 为低电平， $v_O$ 为低电平， $v_{O1}$ 为高电平。



## 微分型单稳态电路

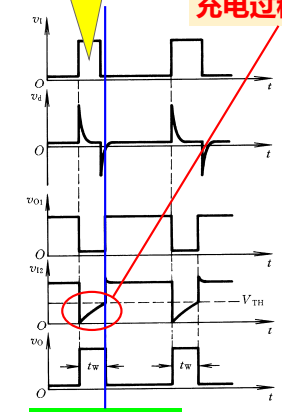
脉冲宽度要窄

$v_{i2}$ 因为电容充电过程升高



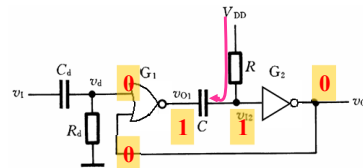
### (3) 暂稳态至稳态

暂稳态期间，电源经电阻R和门 $G_1$ 对电容C充电， $v_{i2}$ 升高，当 $v_{i2}=V_{TH}$ 时， $v_O$ 下降， $v_{O1}$ 上升，但使 $v_{i2}$ 再次升高，最终 $v_{O1}=1$ ， $v_O=0$ 。





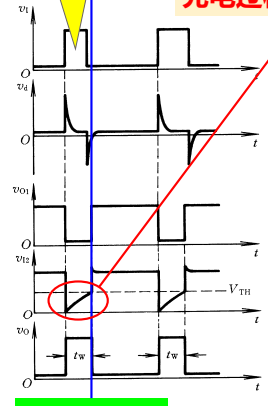
## 微分型单稳态电路



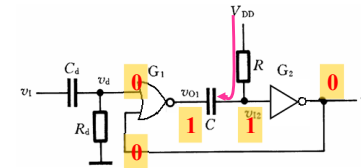
## ➤ 输出脉冲宽度求解

暂稳态期间，电源经电阻R和门G<sub>1</sub>对电容C充电，v<sub>I2</sub>升高，当v<sub>I2</sub>=V<sub>TH</sub>时，v<sub>O</sub>下降，v<sub>O1</sub>上升，但使v<sub>I2</sub>再次升高，最终v<sub>O1</sub>=1，v<sub>O</sub>=0。

脉冲宽度要窄

v<sub>I2</sub>因为电容充电过程升高

## 微分型单稳态电路



## ➤ 输出脉冲宽度求解

输出脉冲宽度 $t_w$ 取决于电容C的充电时间（从0至V<sub>TH</sub>）

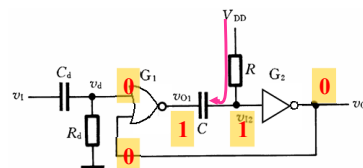
根据RC电路的相关知识可以求得：

$$t_w = RC \ln \frac{V_{DD} - 0}{V_{DD} - V_{TH}}$$

代入条件V<sub>TH</sub> =  $\frac{1}{2}V_{DD}$ 可得：

$$t_w = RC \ln 2 \approx 0.69RC$$

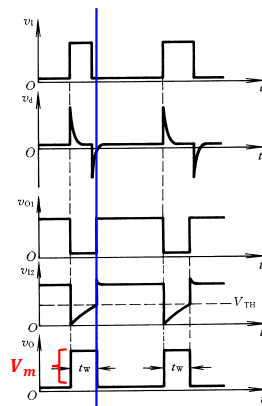
## 微分型单稳态电路



## ➤ 输出脉冲宽度求解

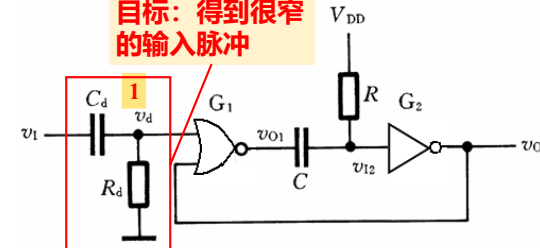
输出脉冲幅度V<sub>m</sub> = V<sub>OH</sub> - V<sub>OL</sub>

输出脉冲宽度 $t_w$ 取决于电容C的充电时间（从0至V<sub>TH</sub>）



## 微分型单稳态电路

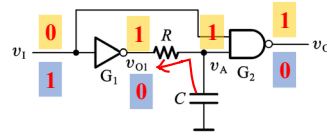
目标：得到很窄的输入脉冲



当v<sub>1</sub>的脉冲宽度很宽时，在单稳态电路的输入端加一个RC微分电路，否则，在电路由暂稳态返回到稳态时，由于门G<sub>1</sub>被v<sub>1</sub>封住了，会使v<sub>O</sub>的下降沿变缓。

## 积分型单稳态电路

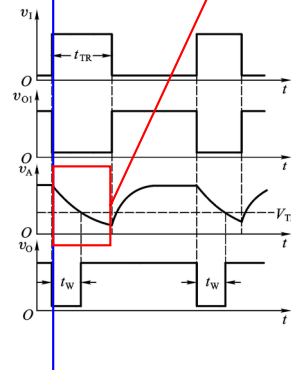
积分型



\*稳态下:  $V_I = 0, V_O = 1$ ,  
( $V_{O1} = V_{OH}$ ),  $V_A = V_{OH}$ ;

\* $V_I \uparrow$ 后,  $V_O = 0$ , 进入暂稳态,  
 $V_{O1} = 0, C$ 开始放电;

放电过程,  $v_A$  下降



## 积分型单稳态电路

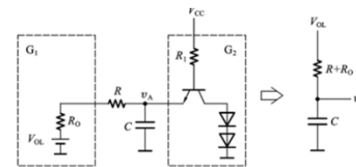
2. 性能参数计算

输出脉宽:

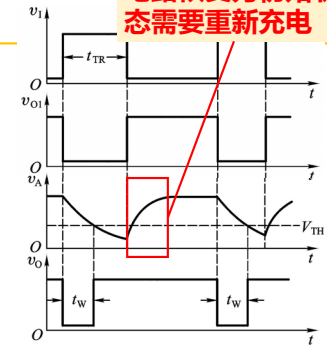
$$t_w = RC \ln \frac{V_{(\infty)} - V_{(0)}}{V_{(\infty)} - V_{(t)}} = RC \ln \frac{V_{OH}}{V_{TH}}$$

$$t_{re} = (3 \sim 5)(R + R'_O)C$$

$$t_d = t_{TR} + t_{re} \quad \text{输入脉宽+恢复时间}$$

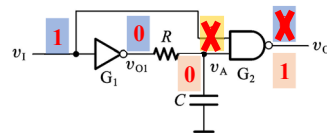


电路恢复为初始状态需要重新充电



## 积分型单稳态电路

积分型



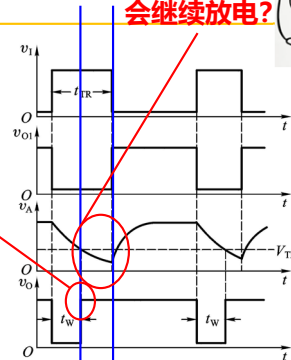
\*当放至  $V_A = V_{TH}$  后,  $V_O = 1$ , 返回稳态;

\* $V_I \downarrow$ 后,  $C$ 重新充电至  $V_{OH}$ , 恢复初始态;

➢ 电容的放电电压从  $V_{OH}$  降低到  $V_{TH}$

$$t_w = RC \ln \frac{V_{(\infty)} - V_{(0)}}{V_{(\infty)} - V_{(t)}} = RC \ln \frac{V_{OH}}{V_{TH}}$$

为什么电容会继续放电?



02

集成单稳态电路

## 集成单稳态电路

### § 7.3.2 集成单稳态电路

#### 一、分类

##### 1、不可重复触发

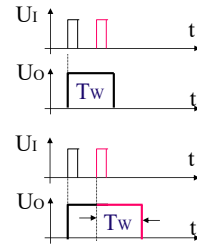
触发进入暂稳态时，再加触发脉冲无效

##### 2、可重复触发

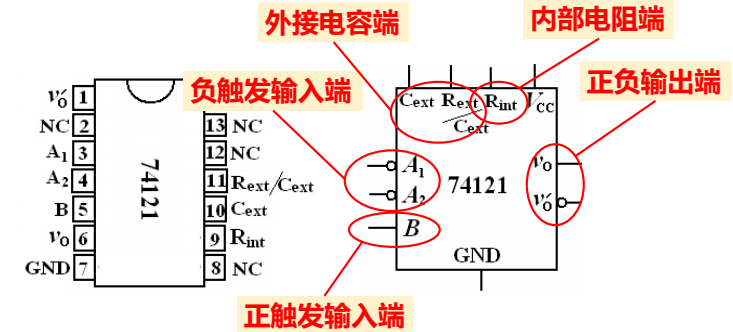
触发进入暂稳态时，再次触发有效，输出脉冲可再维持一个脉宽。

#### 二、常用产品举例

常用74121, 74221, 74LS221等都是不可重复触发的单稳态触发器。



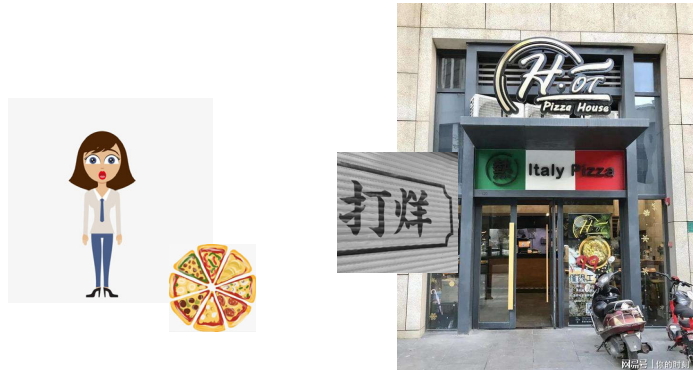
## 集成单稳态电路



功能表见表7.3.1

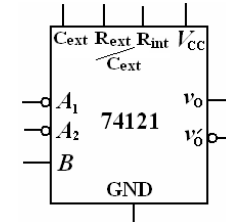
$$t_W = 0.69 R_{ext} C_{ext}$$

## 是否可重复触发？

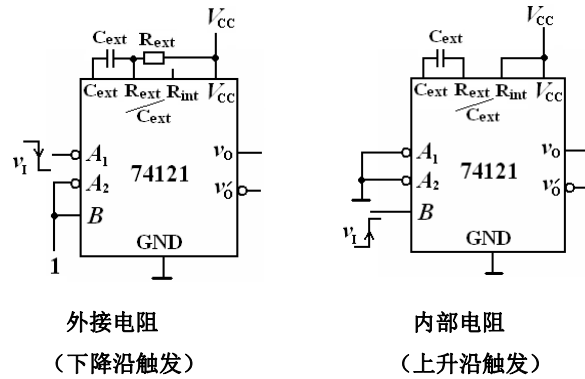


## 集成单稳态电路

		负触发输入端		正触发输入端		
		A1	A2	B	Uo	$\bar{U}_o$
电平触发	0	X	1	0	0	1
	X	0	1	0	0	1
	X	X	0	0	0	1
	1	1	X	0	0	1
脉冲触发	1	$\downarrow$	1	1	高电平	低电平
	$\downarrow$	1	1	1	高电平	低电平
	$\downarrow$	$\downarrow$	1	1	高电平	低电平
	0	X	$\uparrow$	1	高电平	低电平
	X	0	$\uparrow$	1	高电平	低电平

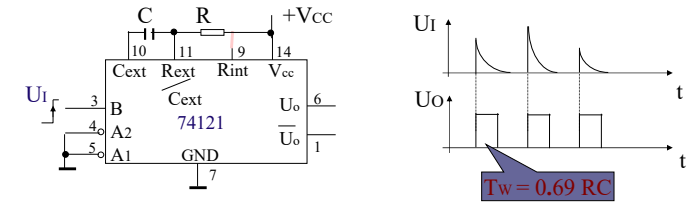


## 集成单稳态电路



## 集成单稳态电路的应用

### 1、脉冲整形



## 集成单稳态电路

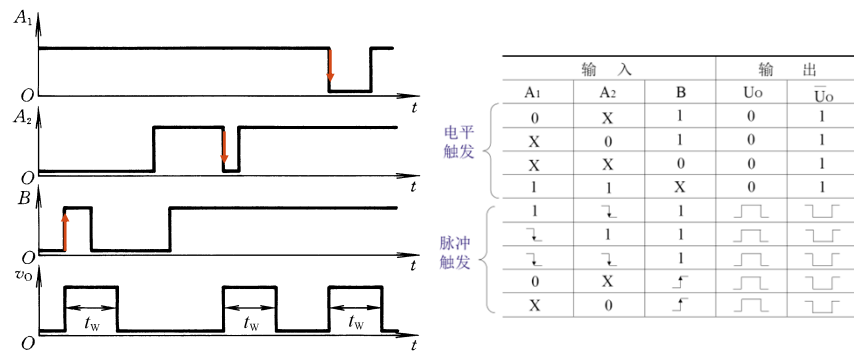
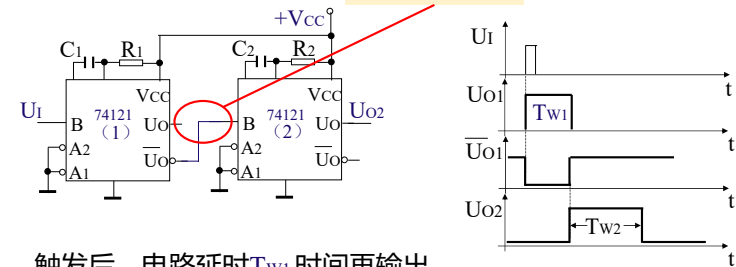


图 7.3.10

## 集成单稳态电路的应用

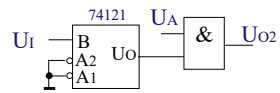
### 2、输出脉冲延时

负输出端接  
下一级控制端

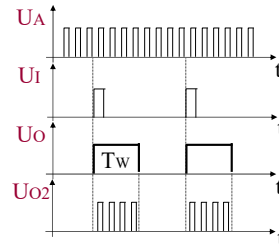


## 集成单稳态电路的应用

### 3、定时输出



只在触发之后的 $T_w$ 时间内有 $U_A$ 输出。



## 7.4 多谐振荡器

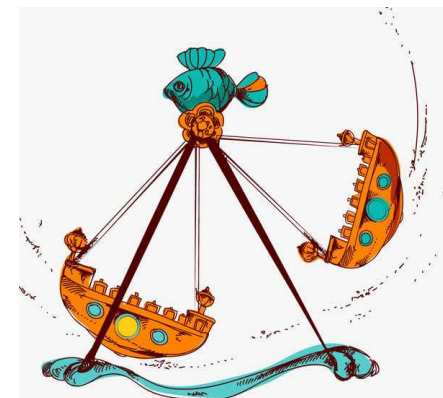
## 本节小结

单稳态电路具有一个稳态和一个暂稳态。在单稳态触发器中,由稳态到暂稳态需要输入触发脉冲,暂稳态的持续时间即脉冲宽度是由电路的阻容元件 $RC$ 决定的,与输入信号无关。

单稳态电路可以由门电路构成,也可以由集成电路(如74121等)构成。

单稳态电路可以用于产生固定宽度的脉冲信号,用途很广。

## 多谐振荡电路——海盗船?



## 多谐振荡电路

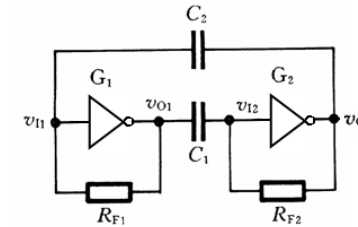
多谐振荡电路又称**无稳电路**，主要用于产生各种**方波或时间脉冲信号**。它是一种自激振荡器，在接通电源之后，不需要外加触发信号，便能自动地产生矩形脉冲波。由于矩形脉冲波中含有丰富的高次谐波分量，所以习惯上又把矩形波振荡器称为多谐振荡器。

### 性能特点：

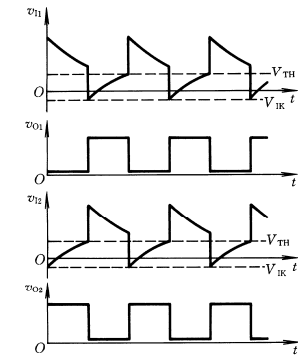
- ① 没有稳态，有两个暂稳态。
- ② 工作**不需要外加信号源**，只需要电源。

## 对称式多谐振荡电路

### § 7.4.1 对称式多谐振荡电路



$$T \approx 1.3 R_F C$$

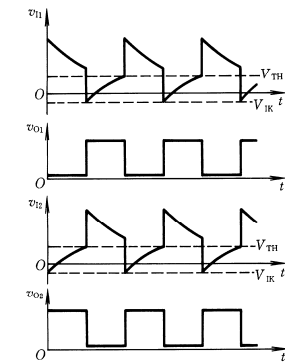
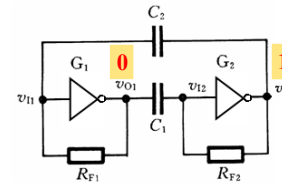


## 01 对称式多谐振荡电路

## 对称式多谐振荡电路

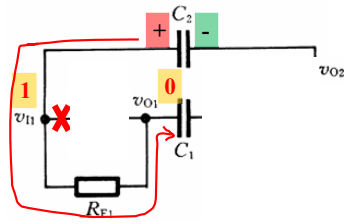
### § 7.4.1 对称式多谐振荡电路

- ★ 假设，某一时刻，电路出现  $U_{O1}=0$ 、 $U_{O2}=1$  的状态，
- ★ 则，暂态 I： $U_{O1}=0$ 、 $U_{O2}=1$
- ★ 接下来： $C_1$  充电、 $C_2$  放电

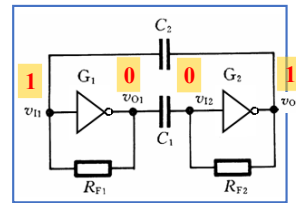


## 多谐振荡电路

C2放电回路:



$C_2^+ \rightarrow R_{F1} \rightarrow U_{OL1} \rightarrow U_{OH2} \rightarrow C_2^-$   
C2放电使 $U_{I1} \downarrow$ 。

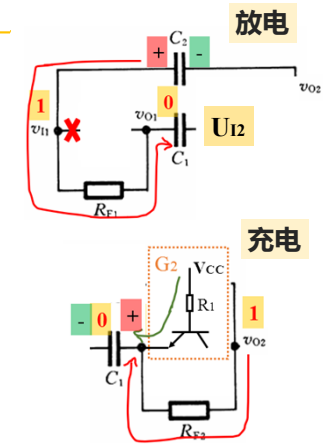


## 多谐振荡电路

➤ 由于 $R_{E1} < R_{F1}$  (当电路对称时), 因此充电比放电速度快。

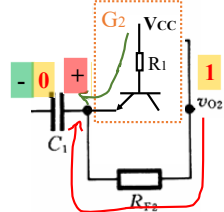
➤  $C_1$ 充电  $\rightarrow U_{I2} \uparrow = V_{TH}$  时  $\rightarrow G_2$  导通  $\rightarrow U_{O2}=0$

$U_{I1}=0 \rightarrow U_{O1}=1$



## 多谐振荡电路

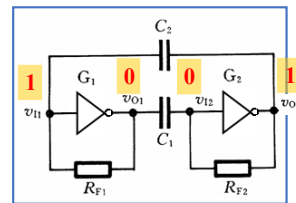
C1充电回路:



C1充电等效回路:

$U_{OH2} \rightarrow R_{E1} \rightarrow C_1 \rightarrow U_{OL1}$  ( $R_{E1}=R_{F2} // R_1$ )

C1充电使 $U_{I2} \uparrow$ 。



## 多谐振荡电路

➤ 暂态 II:  $U_{O1}=1$ 、 $U_{O2}=0$

➤  $C_2$ 充电  $\rightarrow U_{I1} \uparrow = V_{TH}$  时  $\rightarrow G_1$  导通  $\rightarrow U_{O1}=0$

电路回到暂态 I。  
循环往复，直到关机。

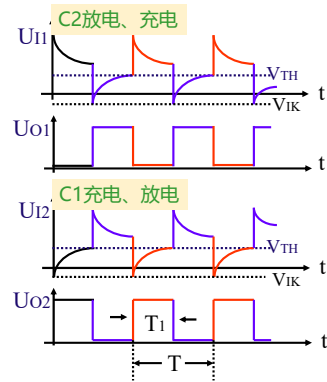
$U_{I2}=0 \rightarrow U_{O2}=1$

总之:  $\begin{cases} U_{O1}=0 \rightarrow C_1 \text{ 充电} \rightarrow U_{I2} \uparrow \\ U_{O2}=1 \rightarrow C_2 \text{ 放电} \rightarrow U_{I1} \downarrow \end{cases} \rightarrow \begin{cases} U_{O2}=0 \\ U_{O1}=1 \end{cases}$

$\begin{cases} U_{O1}=1 \rightarrow C_2 \text{ 充电} \rightarrow U_{I1} \uparrow \\ U_{O2}=0 \rightarrow C_1 \text{ 放电} \rightarrow U_{I2} \downarrow \end{cases} \rightarrow \begin{cases} U_{O1}=0 \\ U_{O2}=1 \end{cases}$

## 多谐振荡电路

### 3、电压波形



### 4、计算

在  $R_{F1}=R_{F2}=R_F$ ,  $C_1=C_2=C$  时:

$$T_1 \approx R_F C \ln \frac{U_{OH} - V_{IK}}{U_{OH} - V_{TH}}$$

如果  $G_1$ 、 $G_2$  为 74LS 系列反相器,

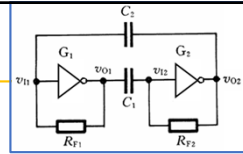
$U_{OH}=3.4V$ ,  $V_{IK}=-1V$ ,  $V_{TH}=1.1V$

在  $R_F \ll R_1$  时,  $T_1 = 0.65 R_F C$

振荡周期:  $T = 2T_1 = 1.3 R_F C$

振荡频率:  $f = 1/T$

占空比:  $q = (T_1/T)100\%$



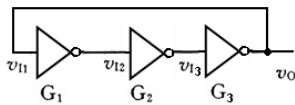
02

施密特触发器构成多谐振荡器

63

## 环形振荡电路

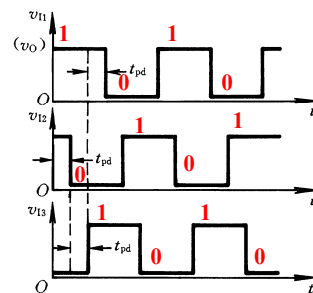
### §7.4.3 环形振荡电路



$T_w = n t_{pd}$ ,  $N$  是门的数目

$T = 2T_w$ ,  $f = 1/T$

利用延迟负反馈产生振荡。将任何大于、等于 3 的奇数个反相器首尾相连接成环形电路, 都能产生自激振荡。电路简单, 但不实用。

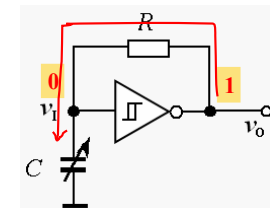


## 施密特触发器构成多谐振荡器

### §7.4.4 施密特触发电路构成的多谐振荡电路

接通  $V_{CC}$  瞬间,  $C$  中无电荷, 所以:

- 1)  $U_C=0 \rightarrow U_I=0 \rightarrow U_O=1$
- 2)  $U_O=1 \rightarrow C$  充电  $\rightarrow U_I \uparrow$ ,  $U_I \uparrow = V_{T+} \rightarrow U_O=0$



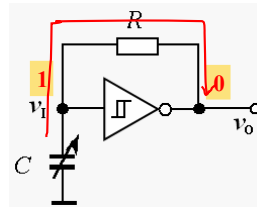


## 施密特触发器构成多谐振荡器

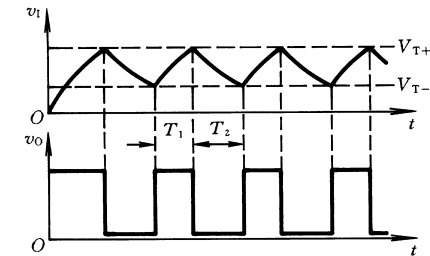
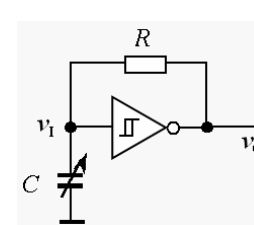
### §7.4.4 施密特触发器构成的多谐振荡电路

接通 $V_{CC}$ 瞬间,  $C$ 中无电荷, 所以:

- 1)  $U_C=0 \rightarrow U_i=0 \rightarrow U_o=1$
- 2)  $U_o=1 \rightarrow C$ 充电  $\rightarrow U_i \uparrow, U_i \uparrow = V_{T+} \rightarrow U_o=0$
- 3)  $U_o=0 \rightarrow C$ 放电  $\rightarrow U_i \downarrow, U_i \downarrow = V_{T-} \rightarrow U_o=1$



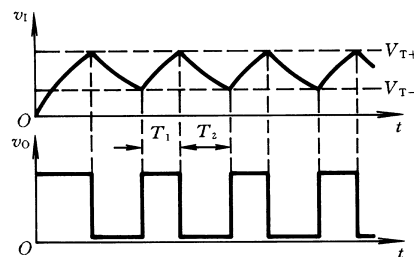
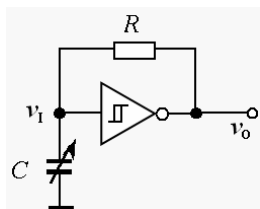
## 施密特触发器构成多谐振荡器



- 1) 放电过程实际上是电容 $C$ 的电压从 $V_{T+}$ 到 $V_{T-}$ , 而 $V_{\infty} = 0$ , 因此得到放电时间:

$$T_1 = RC \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}} \quad T = T_1 + T_2; \quad f = 1/T; \quad q = T_1/T$$

## 施密特触发器构成多谐振荡器



- 1) 充电过程实际上是电容 $C$ 的电压从 $V_{T-}$ 到 $V_{T+}$ , 而 $V_{\infty} = V_{DD}$ , 因此得到充电时间:

$$T_1 = RC \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}$$

## 将电路做小小的改进...

占空比可调电路如图:

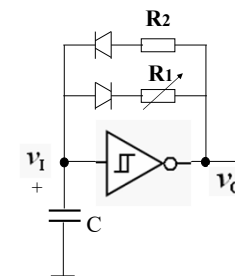
充电经过 $R_2$ , 放电经过 $R_1$ ,

$$T_1 = R_2 C \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}$$

$$T_2 = R_1 C \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}}$$

$$T = T_1 + T_2 \quad q = T_1/T$$

调节 $R_1$  或  $R_2$ , 即可调节 $q$  (占空比)

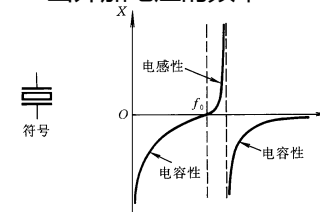


### 03 石英晶体多谐振荡器

69

## 石英晶体多谐振荡电路

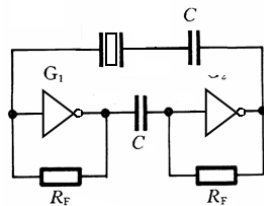
- 石英晶体的固有振荡频率  $f_0$  由结晶方向、外形尺寸决定；频率稳定度  $(\Delta f_0 / f_0)$  可达  $10^{-11} \sim 10^{-11}$
- 当外加电压的频率  $f = f_0$  时，其电抗  $X=0$ 。



## 石英晶体多谐振荡电路

### § 7.4.5 石英晶体多谐振荡电路

在许多应用场合下都对多谐振荡器的振荡频率稳定性有严格的要求。前面几种电路频率稳定性不是很高。在对频率稳定性有较高要求时，应采用石英晶体多谐振荡器。



电路的振荡频率取决于石英晶体的固有振荡频率。

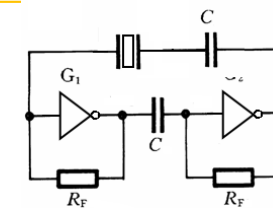
## 石英晶体多谐振荡电路

### 2、工作原理

当  $U_0$  的频率  $f = f_0$  时，反馈最强，电路才起振。

结果： $f = f_0$

$f_0$  的稳定度极高，这就解决了多谐振荡器的稳频问题。



### 3、参数选择

- 各种固有振荡频率  $f_0$  的石英晶体已做成成品，可根据所购晶体的  $f_0$  选择电路的外接  $R_F$  和  $C$ ， $f_0$  一般都很高，应利用分频器将  $f_0$  分频为所需频率。
- 例如，需要频率为 1Hz 的秒脉冲，可选购  $f_0 = 32768\text{Hz}$  的晶振，通过 15 次二分频获得 1Hz。

## 本节小结

多谐振荡电路没有稳定状态，只有**两个暂稳态**。工作**不需要外加信号源**，只需要电源。

要想得到**频率稳定性高**的多谐振荡电路时，应采用**石英晶体多谐振荡电路**。

## 555定时器简介

**555定时器**是一种多用途的数字 - 模拟混合集成电路。该电路功能灵活、适用范围广，只要外围电路稍作配置，即可构成**单稳态触发器、多谐振荡器**或**施密特触发器**，因而可应用于定时、检测、控制、报警等方面。

## 7.5 555定时器及其应用

## 555定时器简介

**集成555定时器**因为其内部有3个精密的5K $\Omega$ 电阻而得名。后来国内外许多公司和厂家都相继生产出双极型和CMOS型555集成电路。虽然CMOS型3个分压电阻不再是5K $\Omega$ ，但仍然沿用555名称。

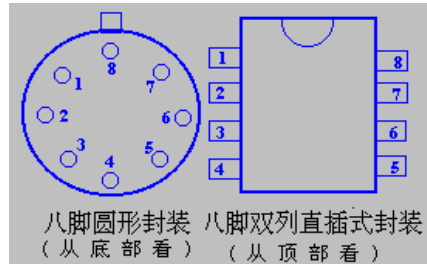
目前一些厂家在同一基片上集成2个555单元，型号后加556，同一基片上集成4个555单元，型号后加558。

## 555定时器简介

### 集成555定时器具体元件简介

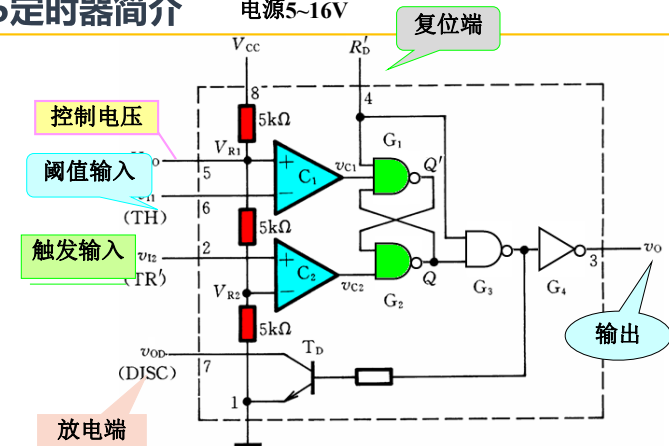
555定时器的封装一般有两种：

- 1) 八脚圆形封装
- 2) 八脚双列直插式封装。

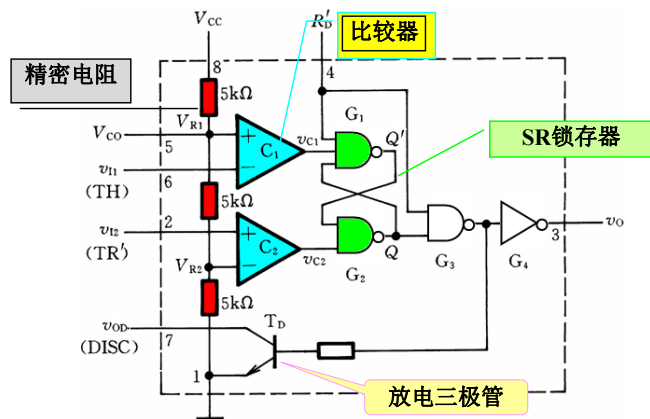


## 555定时器简介

电源5~16V

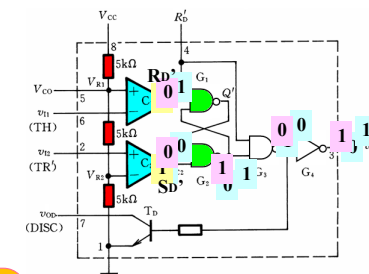


## 555定时器简介



当 $V_{CO}$ 悬空时,  $V_{R1}=2/3V_{cc}$ ,  $V_{R2}=1/3V_{cc}$

输入		输出	
$R_D'$	$v_{I1}(TH)$	$v_{I2}(TR')$	$v_O$
0	X	X	低
1	$> 2/3V_{cc}$	$> 1/3V_{cc}$	低
1	$< 2/3V_{cc}$	$> 1/3V_{cc}$	不变
1	$< 2/3V_{cc}$	$< 1/3V_{cc}$	高
1	$> 2/3V_{cc}$	$< 1/3V_{cc}$	截止



比较器 $C_1$ 输出 $v_{C1}=0$ , 比较器 $C_2$ 输出 $v_{C2}=0$ , SR锁存器违反约束条件, 输出为1,  $T_D$ 截止, 同时 $v_O$ 为高电平。

一般地(交流)

## 555定时器简介

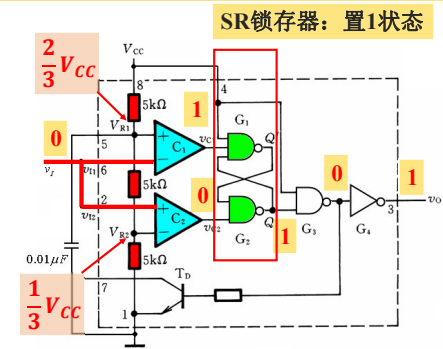
由电路框图和功能表可以得出如下结论：

1. 555定时器有两个阈值电压，分别是  $\frac{2}{3}V_{CC}$  和  $\frac{1}{3}V_{CC}$ 。
2. 输出端3脚和放电端7脚的状态一致，输出低电平对应放电管饱和，在7脚外接有上拉电阻时，7脚为低电平。输出高电平对应放电管截止，在有上拉电阻时，7脚为高电平。
3. 输出端状态的变化有滞回现象，回差电压为  $\frac{1}{3}V_{CC}$ 。

## 555定时器构成施密特触发器

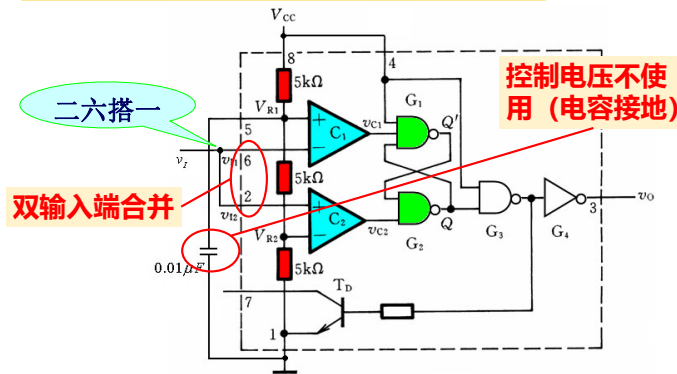
### 二、工作原理

$U_1$	$U_6$	$U_2$	$U_O$
0	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1
$\uparrow \geq \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	0
$\downarrow \leq \frac{1}{3}V_{CC}$	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1



## 555定时器构成施密特触发器

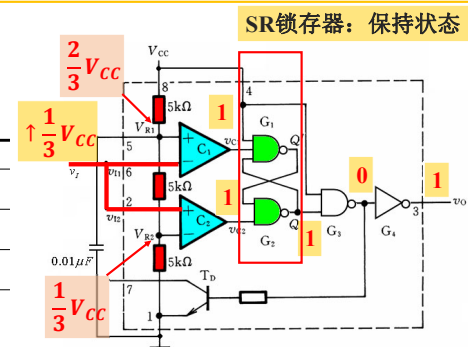
### §7.5.2 555定时器接成施密特触发器



## 555定时器构成施密特触发器

### 二、工作原理

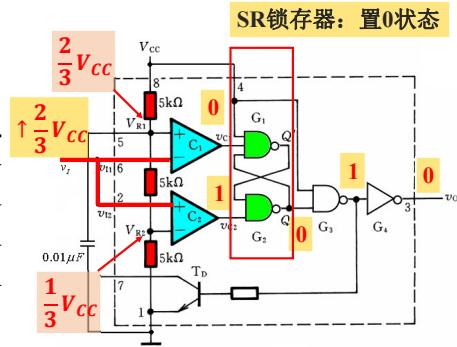
$U_1$	$U_6$	$U_2$	$U_O$
0	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1
$\uparrow \geq \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	0
$\downarrow \leq \frac{1}{3}V_{CC}$	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1



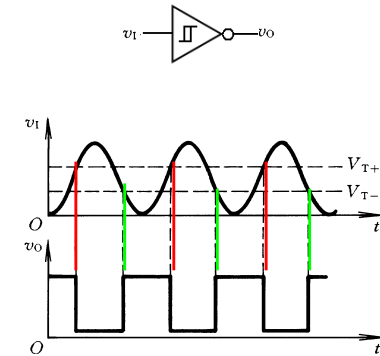
## 555定时器构成施密特触发器

### 二、工作原理

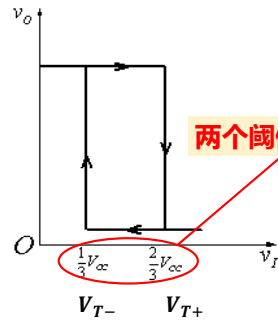
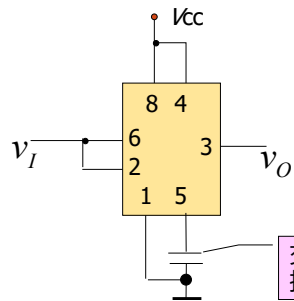
$U_I$	$U_6$	$U_2$	$U_O$
0	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1
$\uparrow \geq \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{2}{3}V_{CC}$	$> \frac{1}{3}V_{CC}$	0
$\downarrow \leq \frac{1}{3}V_{CC}$	$< \frac{2}{3}V_{CC}$	$< \frac{1}{3}V_{CC}$	1



## 555定时器构成施密特触发器



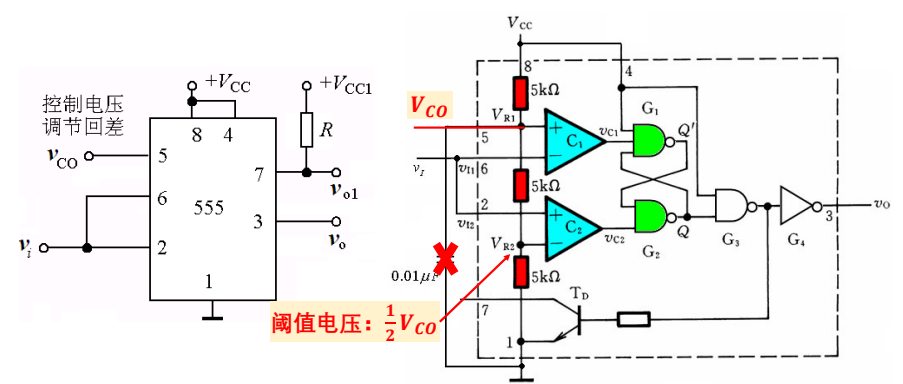
## 555定时器构成施密特触发器



两个阈值电压

$$\text{回差电压: } \Delta V_T = V_{T+} - V_{T-} = \frac{1}{3}V_{CC}$$

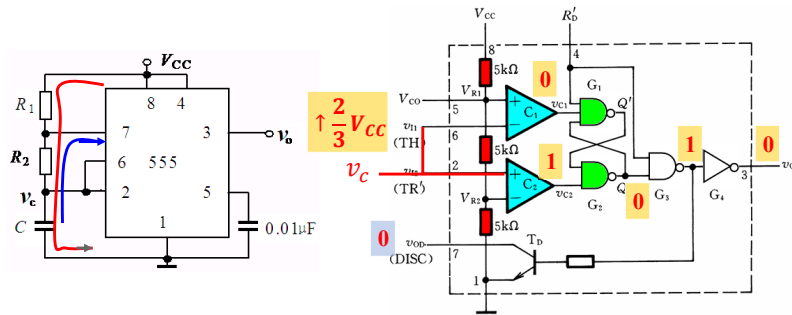
## 555定时器构成施密特触发器





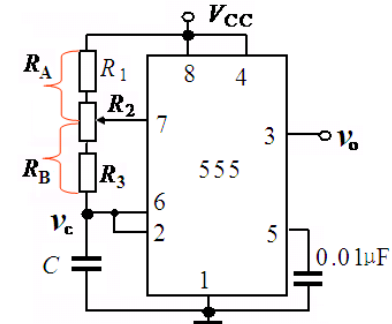
## 555定时器接成多谐振荡器

### § 7.5.4 555定时器接成多谐振荡器



## 555定时器接成多谐振荡器

占空比可调的多谐振荡器

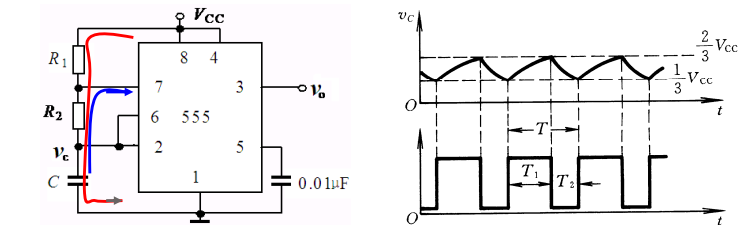


输出脉冲占空比:

$$q = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B}$$

## 555定时器接成多谐振荡器

超过阈值，三极管导通，7口电压下降

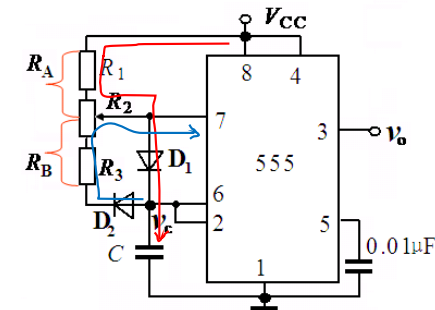


振荡周期:  $T = 0.69(R_1 + 2R_2)C$

输出脉冲占空比:

$$q = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2}$$

## 555定时器接成多谐振荡器



输出脉冲占空比:

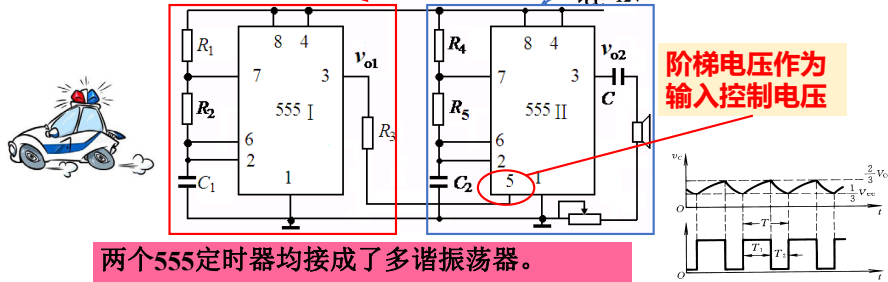
$$q = \frac{R_A}{R_A + R_B}$$



## 555定时器接成多谐振荡器

多谐振荡器

P387题7.26



两个555定时器均接成了多谐振荡器。

I输出接II  $V_{CO}$ , 控制其阈值电压  $V_{T+}$  和  $V_{T-}$ 。I的输出高低电平的持续时间决定了电路高低音持续时间, II的频率决定了高低音频率。

## 555定时器接成多谐振荡器

(2)  $v_{O1}$ 的低电平持续时间为:

$$t_L = R_2 C_1 \ln 2 = 150 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} \times 0.69 = 1.04s$$

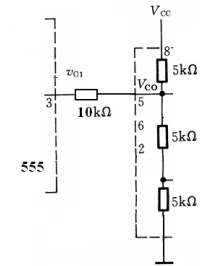
此时,  $v_{O1}$ 为0.2V.  $V_{CC}=12V$ , 由叠加定理可求得右边555定时器5脚电压  $V_{CO}=6V$ . 因此,  $V_{T+}=6V, V_{T-}=3V$ 

II片555定时器振荡频率, 及扬声器声音的周期为:

$$T_2 = (R_4 + R_5) C_2 \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}} + R_5 C_2 \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}}$$

$$= (10 + 100) \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \times \ln \frac{12 - 3}{12 - 6} + 100 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \times \ln 2 = 1.14 \times 10^{-3} s$$

因此可知, 高频率为876Hz, 持续时间1.04s。低频率为611Hz, 持续时间1.1s。



## 555定时器接成多谐振荡器

为什么  $V_{CO}$  不是11V?(1)  $v_{O1}$ 的高电平持续时间为:

$$t_H = (R_1 + R_2) C_1 \ln 2 = (10 + 150) \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} \times 0.69 = 1.1s$$

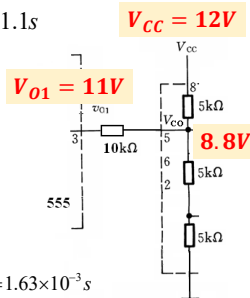
此时,  $v_{O1}$ 为11V.  $V_{CC}=12V$ , 由叠加定理可求得右边555定时器5脚电压  $V_{CO}=8.8V$ . 因此,  $V_{T+}=8.8V, V_{T-}=4.4V$ 

II片555定时器振荡频率, 及扬声器声音的周期为:

$$T_1 = (R_4 + R_5) C_2 \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}} + R_5 C_2 \ln \frac{0 - V_{T+}}{0 - V_{T-}}$$

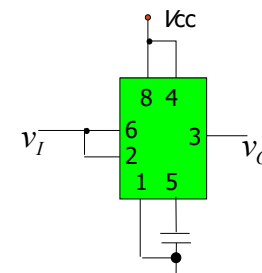
$$= (10 + 100) \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \times \ln \frac{12 - 4.4}{12 - 8.8} + 100 \times 10^3 \times 0.01 \times 10^{-6} \times \ln 2 = 1.63 \times 10^{-3} s$$

$$f_1 = \frac{1}{T_1} = 611Hz$$



## 本节小结

555定时器接成施密特触发器



$$V_{T+} = \frac{2}{3} V_{CC}$$

$$V_{T-} = \frac{1}{3} V_{CC}$$

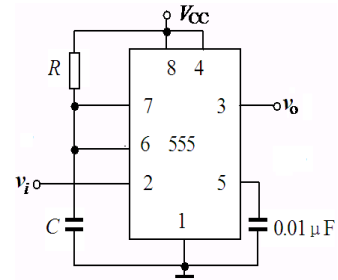
$$\text{回差电压: } \Delta V_T = \frac{1}{3} V_{CC}$$

## 本节小结

### 555定时器接成单稳态触发器

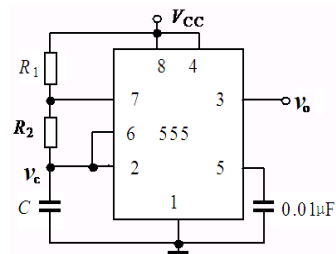
负脉冲触发，脉冲宽度：

$$t_w = 1.1RC$$



## 7.6 其它习题

## 本节小结



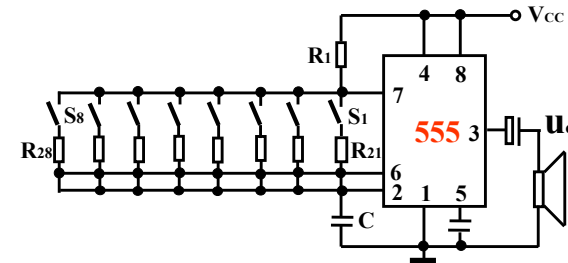
### 555定时器接成多谐振荡器

$$T = 0.69(R_1 + 2R_2)C$$

## 例题

### 简易电子琴电路：

简易电子琴就是通过改变 $R_2$ 的阻值来改变输出方波的周期，使外接的喇叭发出不同的音调。





东南大学  
SOUTHEAST UNIVERSITY

感谢您的聆听

